



## **Murgul ve Lahanos Volkanojenik Masif Sülfür (VMS) Cevherleşmelerinin Cevher Mineralojisi (KD Türkiye): Doğu Pontidlerin Zıt Uçlarında Yer Alan İki Cevherleşmenin Karşılaştırması**

### **Ore Mineralogy of Murgul and Lahanos Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) Mineralizations (NE Turkey): A comparison of two mineralizations from opposite ends of the Eastern Pontides**

**Mehmet Akbulut** <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca-İZMİR  
Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [makbulut@deu.edu.tr](mailto:makbulut@deu.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 04.04.2019  
Kabul Tarihi / Accepted: 19.08.2019

Araştırma Makalesi/Research Article  
DOI: 10.21205/deufmd.2020226412

*Atıf şekli/ How to cite : AKBULUT, M.(2020).Murgul ve Lahanos Volkanojenik Masif Sülfür (VMS) Cevherleşmelerinin Cevher Mineralojisi (KD Türkiye): Doğu Pontidlerin Zıt Uçlarında Yer Alan İki Cevherleşmenin Karşılaştırması. DEUFMD 22(64),117-136.*

#### **Öz**

Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan Doğu Pontid Metalojenik Kuşağı, volkanojenik masif sülfür cevherleşmelerini barındırmaktadır. Bu çalışmada bölgenin doğu ve batı uçlarında yer alan Murgul ve Lahanos bakır yataklarının cevher mineralojileri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Yeni veriler, her iki yatağın bölgedeki Üst Kretase yay volkanizmasının gelişimi sırasında iki farklı volkanik evre arasında gelişmiş deniz tabanı hidrotermal aktivitesinin ürünleri olduğunu desteklemektedir. Murgul yatağı bu tip sistemlerdeki saçınım ve stokvörk beslenme kanallarını, Lahanos yatağı ise reküranslar gösteren parajenezle karakterize denizaltı sülfür yığınlarını iyi şekilde temsil eder. Bu çalışmada adı geçen yataklardan verilen parajenetik bilgiler, ana cevherleşme evrelerinin zamanlaması ve/veya cevherleşme sonrası rejüvenasyon süreçlerinin daha iyi anlaşılmasında, ve bölgesel metalojenezik yap-bozun diğer eksik parçalarının tamamlanmasında yardımcı olacağı düşünülen ve daha sonrasına yönelik planlanan direkt cevherden radyometrik yaş çalışmaları ve cevher mineral kimyası çalışmaları için önemli bir altlık veri sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Volkanojenik Masif Sülfür Yatakları, Kuroko-tipi, Murgul, Lahanos, Doğu Pontidler

#### **Abstract**

The Eastern Pontide Metallogenic Belt located to the northeast of Turkey hosts massive sulfide mineralizations. In this study, ore mineralogy of the Murgul and Lahanos copper deposits located to the eastern and western ends of the region is cooperatively investigated. The new findings supports that both deposits are products of seafloor hydrothermal activity that occurred between two different volcanic episodes of the Upper Cretaceous arc volcanism in the region. Murgul deposit highly represents the disseminated and stockwork feeder channels of such systems, whilst the Lahanos

deposit highly represents the seafloor sulfide mounds characterized by paragenesis with recurrences. The paragenetic information given in this study provides important background data for later planned studies on direct radiometric dating of the ore minerals and ore mineral chemistry, which are expected to give a better understanding of the timing of main ore-forming stages and/or post-mineralization rejuvenation processes, and help filling the missing parts of the regional metallogenic puzzle.

**Keywords:** *Volcanogenic Massive Sulfide Deposits, Kuroko-type, Murgul, Lahanos, Eastern Pontides*

## 1. Giriş

Volkanojenik masif sülfür (VMS) yatakları: denizaltı volkanik ortamında deniz tabanında (veya yakınında) denizaltı hidrotermal konveksiyonu ile ilişkili olarak metalce zengin akışkanların deşarjı ile gelişen mercer ve/veya levha-benzeri şekilli polimetalik masif sülfür çökelimleridir [1, 2]. Tipik olarak felsik, mafik ve/veya bimodal volkanik kayalar ve sedimentler kayalar eşliğinde gözlenen höyüğümsü veya tablamsı şekilli masif sülfür mercerleri ve bunların altında yer alan yarı-uyumlu uyumsuz ağsal ve saçınım sülfür cevherleşmeleri şeklindedirler. Temelde bakır, çinko ve kurşun, yan ürün olarak ise genelde gümüş ve altının yanı sıra kalay, kadmiyum, antimon ve bizmut eldesinde kullanılabilen metal kaynaklarıdır [3].

Arkeen'den Miyosen'e denizel volkanizmanın geliştiği hemen tüm kuşaklarda gözlenen VMS yataklarının günümüz okyanus ortası açılma ve/veya yay ortamlarındaki hidrotermal baca komplekslerinde (kara tütenler- black smokers) izlenen hidrotermal sisteme benzer süreçlerle geliştiği düşünülmektedir. Temelde sülfür açısından doygun karmaşık hidrotermal akışkanlar denizaltı volkanizmasının duraksadığı/durduğu dönemlerde süreksizlikler (faylar ve kırık sistemleri) boyunca deniz tabanına taşınarak burada sülfür çökelimlerine neden olmaktadır. Cevherleşme sonrası yenilenen volkanizma veya sedimentasyon yatakların örtülmesine sebep olmaktadır. Bu tip yataklar genellikle ada yayları ve yay-gerisi açılma alanlarının geliştiği paleotektonik ortamlarda yoğunlaşmaya meyillidir. Tetis okyanusunun dinamikleri ile meydana gelmiş bir serit kara parçası olarak niteleyebileceğimiz Türkiye'de de çok büyük olmasa da çok sayıda ve çoğu dünya literatüründe bilinen VMS yatakları egemen olarak dar suture kuşakları ve paleo-yay segmentlerinde yığılmıştır (özellikle Pontid Metalojenik Kuşağı ve Bitlis-Zagros Metalojenik

Kuşağının Türkiye'deki kuzeybatı segmenti, Şekil 1a).

Alp-Himalaya Kuşağının en iyi korunmuş kıtasal yaylarından biri olan Doğu Pontidlerin jeolojisi hakkında çalışmalar 1800'lü yılların ortalarına kadar uzanmaktadır [4]. Bu ilk çalışmadan sonrada bölgede çok sayıda farklı çalışma gerçekleştirilmiş, bölgede yer alan VMS yatakları ve konak kayaları günümüze kadar bir çok araştırmacı tarafından ele alınmıştır [5-105]. Bilimsel önemleri yanında bu yataklar her zaman bakır (ve bazen de kurşun-çinko) madenciliği açısından önemli arama ve işletme hedefleri olmuş ve olmaya devam etmektedir.

Bu yatakların bazılarının deniz tabanı üzerinde (sea-floor) moloz/kütle akmaları şeklinde, bazılarının ise deniz tabanının hemen altındaki ornatma süreçleriyle oluştuğu önerilmiştir [106]. Bu çalışmada Doğu Pontidler magmatik yayının doğu ve batı uç kesimlerinde yer alan Murgul ve Lahanos bakır yataklarının jeolojik ve tektonik özellikleri derlenmeye/özetlenmeye çalışılmış ve cevher mineralojileri incelenmiştir. Aynı hedef metal kaynağına sahip olmalarına rağmen birbirlerinden hem mineralojik, hemde kimyasal olarak dikkat çekici şekilde farklılıklar sunan bu yatakların incelenmesinin bölge cevherleşmelerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sunması beklenmektedir.

## 2. Bölgesel Jeoloji

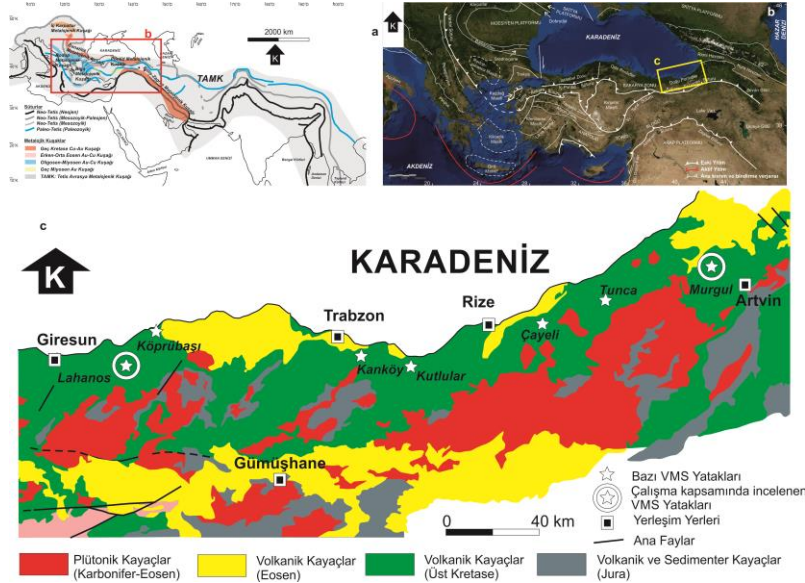
Paleo- ve Neo-Tetis okyanusal havzaları, Paleozoyik ve Mezozoyik zamanlarında kuzeyde yer alan Lavrasya ve güneydeki Gondwana kıtalarının arasında açılan ve kapanan havzalardır[107]. Bu havzaların kapanması ile doğan mikro-kıta kolajının en önemli sonucu Tetis-Avrasya Metalojenik Kuşağı'dır (TAMK; Şekil 1a, [108, 109]). Coğrafik olarak batı Avrupa'da İtalya'dan başlayıp, Doğu Avrupa üzerinden Anadolu, Orta Doğu ve Orta Asya ve Himalayaları katederek Güneydoğu Asya'ya kadar uzanan çok geniş bir metalojik kuşak

olarak tanımlanabilecek bu zon çok sayıda metalojenik ve önemli alt metalojenik kuşaklara ayrılır (Şekil 1b). TAMK'nın Türkiye segmenti de, kompleks jeolojik/tektonik yapısı nedeniyle, VMS, skarn, porfiri, epitermal ve Demir Oksit Bakır Altın (DOBA) gibi bir çok farklı mineralizasyon türünün toplandığı orojenik/metalojenik kuşaklar içerir [108, 110, 111]. Bunlardan en önemlilerinden biri de Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan ve dar bir Geç Kretase magmatik yay segmentinin kalıntılarını içeren Doğu Pontid Metalojenik Kuşağı'dır (DPMK).

Samsun'un kuzeybatısından Artvin'e kadar sahil şeridi boyunca uzanan ve güneye, Anadolu'nun içine doğru, yaklaşık 180 km genişlikte değerlendirilen bu orojenik/metalojenik kuşağın oluşumunu bazı araştırmacılar Paleo-Tetis'in okyanusal litosferinin kuzeye doğru [112-116], bazıları ise güneye doğru yitimi ile [66, 117, 118, 119, 120] açıklamakta; Şengör ve Yılmaz ise [51] güneye doğru başlayıp sonra kuzeye dalımla devam eden bir paleotektonik tarihçe önermektedir [121]. Pontidlerdeki yay magmatizmasının, Ladinliyen-Noriyen riftleşmesi ile açılan Neo-Tetis'in okyanus

tabanının Türoniyen'den itibaren Pontidler altına –muhtemelen kuzeye doğru– dalması ile geliştiği düşünülmektedir [122 ve orada verilen referanslar]. Bu bölgedeki VMS yatakları, çeşitli araştırmacılar tarafından kuzeyden güneye (kuzey, güney ve eksenel olarak) üç alt zona ayrılan doğu Pontid orojenik kuşağının [121, 123, 124] Karadeniz tarafında kalan kuzey alt zonunda doğudan batıya doğru sıralanmış şekilde yer alırlar (Şekil 1c).

Bölgede yer yer 3000 metre kalınlığa varan ve geç Mezozoyik-Senozoyik dönemine ait volkanik yayın ürünleri olan volkano-sedimenter istifin temel olarak üç ana evreden oluşan episodik bir volkanizmanın ürünü olduğu belirtilmektedir [127-130]. Bunlardan ilk ikisi Üst Kretease bimodal yay volkanizmasını temsil eder (Şekil 2). Apsiyen'den başlayarak Türoniyen'e kadar devam eden 1. Evre'nin başlangıcında volkanizmanın bazaltik-andezitik bileşimi baskındır [121]. Çatak Formasyonu olarak adlandırılan, kireçtaşı ve marn arakatıkları içeren volkanosedimenter istifin gelişimi sonrası, Türoniyen-Santoniyen aralığında toleyitik ve kalk-alkali bir felsik volkanizma etkindir (Şekil 2).

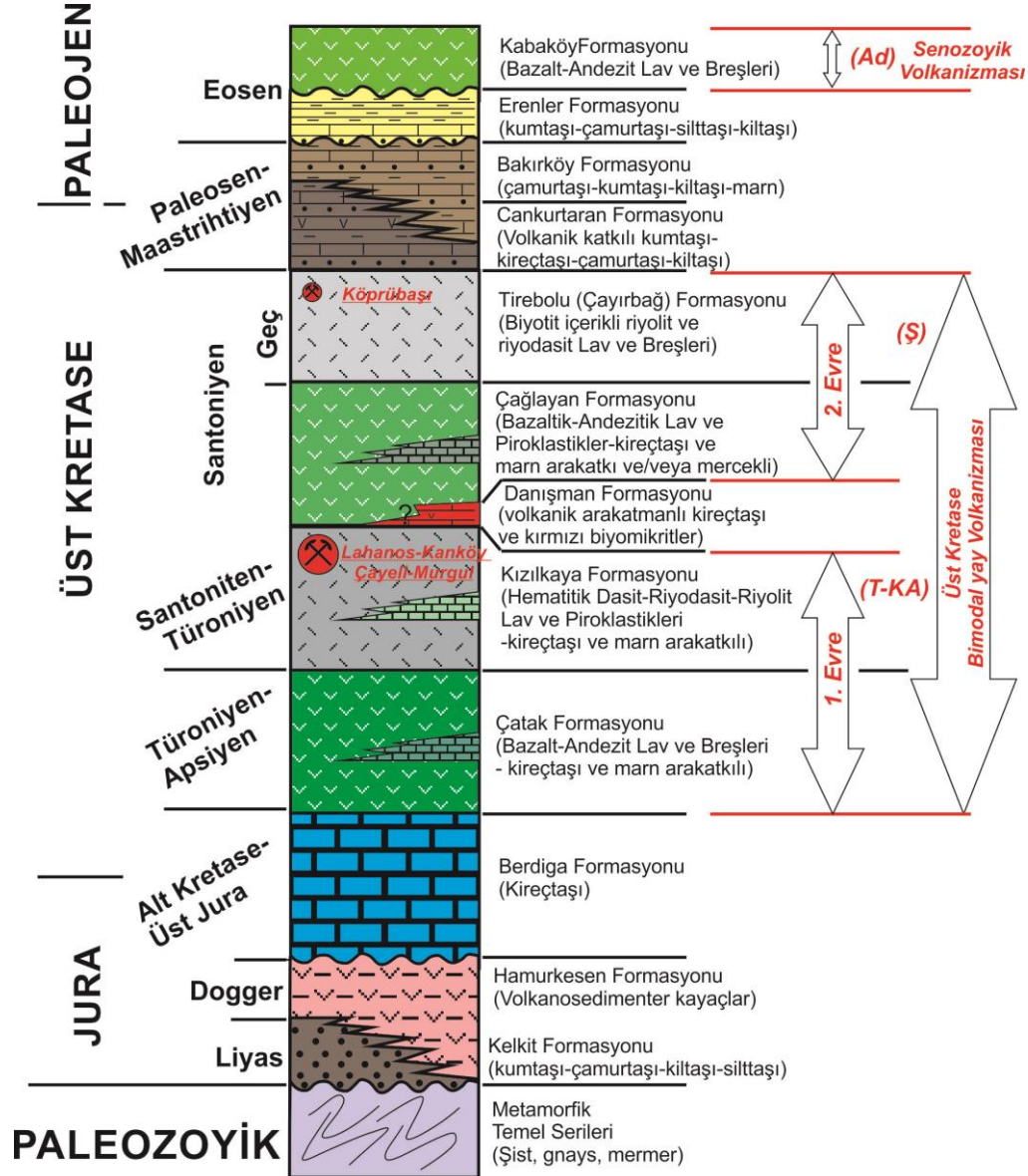


**Şekil 1.** (a) Tetis Avrasya Metalojenik Kuşağı (TAMK) ve içerdiği bazı alt metalojenik kuşakların yerleri [107, 108], (b) Tetis Metalojenik Kuşağının bir parçası olan Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan kıtasal bloklar ve ana suture zonları [125'den değiştirilerek]. Şekildeki tektonik suturelar [126], uydu görüntüsü altlık ise Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, ve GIS User Community'den], (c) Doğu Pontidlerin basitleştirilmiş jeolojisi ve VMS yataklarının yerleri [106'dan değiştirilerek].

Bu felsik volkanizma dasit-riyodasit-riyolit bileşimli volkanik ürünler ve kireçtaşı ve marn ara katkılarının gözlemlendiği bir volkanosedimenter istifin (Kızılkaya Formasyonu) oluşumuna neden olmuştur ([121], Şekil 2).

Üst Kretase bimodal volkanizmasının 2. Evresi'nin başında da (Santoniyen) yine bazaltik-andezitik volkanizma egemendir (Şekil 2). Bu

bazaltik-andezitik volkanizma ürünleri ve sedimenter arakatıklarını (Çağlayan Formasyonu) Geç Santoniyen'de gelişen ve 1. Evre felsik volkanizmasından şoşonitik bileşimi ile ayrılan biyotit içerikli riyolit ve riyodasit lav ve piroklastiklerinden oluşan son evre takip eder (Tirebolu veya Çayırbağ Formasyonu) [121].



Şekil 2. Doğu Pontidler magmatik yayının genelleştirilmiş kolon kesiti [5, 66 ve 121'den deneştirilerek]. Kuroko-tipi VMS yataklarının geliştiği seviyeler [66] ve [121]'den derlenmiştir. T-KA: Toleyitik ve Kalk-alkalen; Ş: şoşonitik; Ad: Adakitik

Doğu Pontidler’de, Senozoyik’te etkili olan 3. *Evre* volkanizmasının ise başlangıçta, Geç Paleosen-Erken Eosen’de, adakitik karakterli olduğu ifade edilmektedir [121].

Doğu Pontidler’deki VMS yatakları genel olarak hematitik dasit-riyodasit lav, dom ve piroklastikler ve ilişkili kireçtaşı ve marn arakatmanları şeklinde tanımlanan Kızılıkaya Formasyonu ve kısmen de volkanizmada daha üst seviyeleri temsil eden biyotit içerikli riyoit ve riyoitler olarak tanımlanan Tirebolu (veya Çayırbağ) Formasyonu içinde, genelde bu her iki volkanik formasyonun da piroklastik ürünlerinde yer alır [121, 131]. Bölgedeki VMS yatakları genelde dissemine şekilde, damarlar, damarcıklar ve nadiren de masif cevher şeklinde gözlenir [131]. Yataklarda ana metal zenginleşmeleri genelde Fe ve Cu sülfürlerin baskın varlığı şeklindedir ve bölgede temel olarak Cu cevher üretimi gerçekleştirilmektedir. Bazı yataklarda önemli oranda Pb ve Zn varlığı söz konusudur ve bu metaller açısından ön plana çıkmaktadırlar (örn, Harşit-Köprübaşı gibi, [132]). Cevherleşmelerin konak ve çevre kayalarındaki silisleşme ve arjilitleşme türü alterasyonlar yaygındır ve cevherleşmeler genelde paleomorfolojik yükseltiler (antiklinal ve domlar) ve çöküntüler (kaldera ilişkili yapılar) ile ilişkili olarak gözlenir [131]. Mekan kayaları (ada yayı volkanizmasını yansıtan felsik bimodal volkanizma ürünleri), cevher yapı ve dokuları (baskın şekilde ağsal ve saçınım cevher ve eşlenişinde az oranda masif cevher mercikleri) ve metal içerikleri (Cu-Fe-Zn) göz önüne alınarak bu yataklar bir çok yazar tarafından genel anlamda Kuroko tipi VMS yataklarının doğu Pontidlerde yer alan eşlenikleri olarak değerlendirilmektedir [örn., 86, 133]. Ancak son yıllarda bazı araştırmacılar jeodinamik ortam ve mekan kaya kimyaları açısından klasik Kuroko-tip VMS’lerden farklılıklarına da dikkat çekmektedir [örn., 5, 121].

### 3. Materyal ve Metodlar

Bu çalışmada incelenen cevher örnekleri Murgul yatağında aynı kotta yanal yönde, Lahanos yatağında ise yatağın farklı seviyelerini temsil edecek şekilde farklı kotlardan alınmıştır. Cevher örnekleri öncelikle tasnif edilerek özelliklerine göre ince ve/veya parlak kesitler ve kimyasal analizler için gruplandırılmış ve çalışılmıştır.

İnce ve parlak kesitler ve kimyasal analiz numuneleri Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit ve Gemoloji Laboratuvarı ve Örnek Hazırlama Laboratuvarı’nda hazırlanmıştır. İnce ve parlak kesit çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sıvı Kapanım ve Cevher Mikroskopisi/Petrografisi Laboratuvarında yürütülmüştür.

Cevher örneklerinin tüm kayaç kimyasal analizleri ALS Minerals Ltd. (Türkiye/Kanada) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Örnekler cevher derecesinde örneklerin analizine uygun şekilde dört asit çözündürme yöntemi ile çözeltiye alınmıştır. Ag, As, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, S ve Zn analizleri ICP-AES sistemi ile tamamlanmıştır. Au değerleri ise ateş tahlili ve takip eden AAS çalışması ile belirlenmiştir. Kükürt analiz alt ve üst limitleri % 0,01-50’dir.

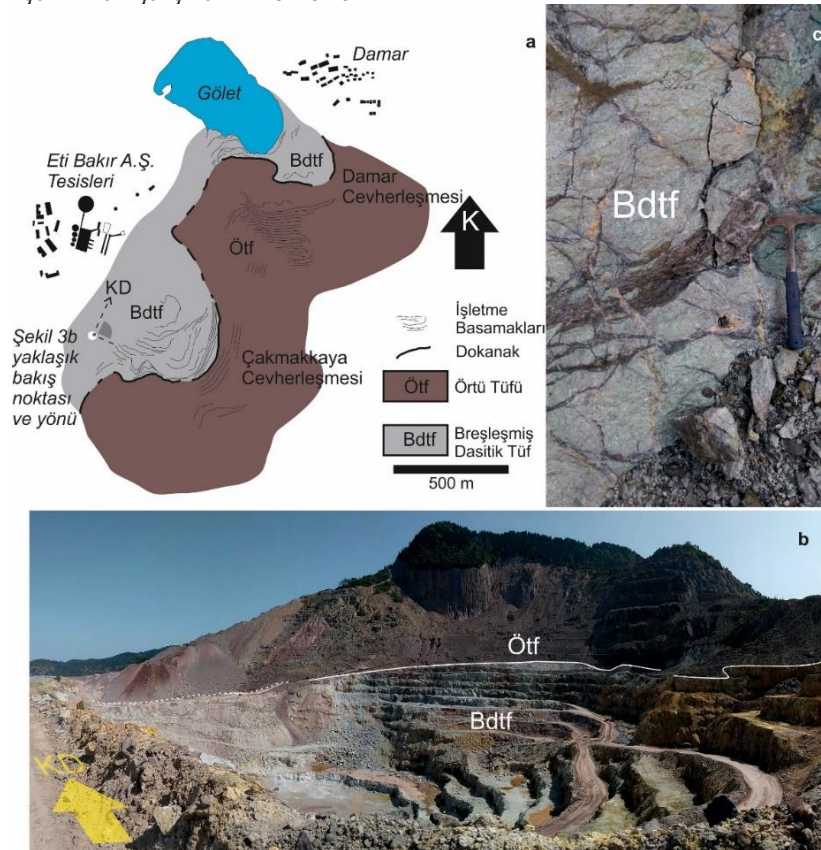
### 4. Murgul Bakır Yatağı

Doğu Pontidlerin en doğusunda, Gürcistan sınırı yakınında bulunan Murgul Cu yatağı, Artvin ilinin Murgul ilçesine bağlı Damar köyünün güneybatısında yer alır (Şekil 1c, 2 ve 3a). Kuzeyde Damar (Anayatak) ve güneyde Çakmakkaya olmak üzere iki cevherleşme olarak açık işletme şeklinde değerlendirilen Murgul yatağı üzerine geçmiş dönemlerde çok sayıda jeolojik, petrografik, cevher mikroskopisi, kükürt, oksijen, hidrojen izotopları, sıvı kapanım ve rezerv/tenöre yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir [5, 89, 90 ve buralarda sunulan kaynaklar]. Bu çalışmalarda detaylı şekilde ele alınan yataklardan Damar cevherleşmesinde günümüzde için üretim faaliyetleri tamamlanmış görünmekte, üretim sadece Çakmakkaya cevherleşmesinde gerçekleştirilmektedir (Şekil 3a). Çakmakkaya ve Damar cevherleşmeleri çevresinde yüzeyleyen kayalar Gökçe tarafından alttan üste andezitik lav, breşleşmiş dasit tuf, örtü tufü ve porfiri dasit şeklinde tanımlanmıştır [89]. Çakmakkaya cevherleşmesinde ana cevher yüzlekte açık-yeşilimsi beyaz renklere gözlenen “Breşleşmiş Dasitik Tuf” birimi içinde ağsal ve saçınım şeklinde gözlenmekte, bu zon bordo-mor renkli ayrışma yüzey rengi nedeniyle “mor tuf” adı da verilen örtü tufü ile üstlenmektedir (Şekil 3a ve 3b). Ancak Gökçe, bu mor tuf birimi içinde de yaygın halde özşekilli ve iri pirit kristallerinin varlığından söz eder [89]. Lokal olarak breşleşmiş dasit tuf ve örtü tüfleri

olarak adlandırılmış olan birimlerin genelleştirilmiş kolon kesitte tanımlanan Kızılkaya Formasyonu'nun üyeleri ile eşleştiği düşünülmektedir. Cevherleşmeyle ilişkili ana alterasyon fazları silisleşme, arjilitleşme ve fillitik alterasyon olarak tanımlanmaktadır [95]. Önceki çalışmalarda Çiftçi [133] tarafından Çakmakkaya cevherleşmesi için baskın cevherleşme olarak bahsedilen ve Gökçe [89] tarafından da buradaki ağsal tipi cevher zonunun kuzeybatı ucunda üst ve kenar kesimlerde ince bir zon şeklinde tanımlanan masif cevher seviyesi (ve beraberindeki mercer şekilli jips zonu) günümüzde açılan açık işletme basamaklarında gözlenememekte, üretim stokvörk ve saçınım cevher içeren breşleşmiş dasit tüften gerçekleştirilmektedir (Şekil 3b). Ağsal cevherde damarcık kalınlıkları Gökçe tarafından 1 mm - 15 cm arasında [89] tanımlanmıştır. Bu çalışmanın örneklerinin

alındığı arazi çalışmalarında da incelenen yüzlelerde ağsal damarcık kalınlıklarının genelde  $\leq 15$  cm civarında olduğu gözlenmiştir (Şekil 3c). Arazi çalışmalarında ayrıca, damacıklarda ve konak kayada saçınım halinde makroskopik baskın cevher fazlarının pirit ve kalkopirit olduğu, baskın gang mineralinin ise kuvars olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada Murgul Çakmakkaya yatağından alınan cevher örneklerinden gerçekleştirilen analizlerde Cu miktarı ağırlık % 0,49-1,87 arasında değişmektedir (n=3, Tablo 1). Pb ve Zn miktarları düşüktür (sırasıyla ağırlık % 0,003-0,006 ve 0,003-0,016). Ana olarak pirit varlığından kaynaklanan Fe ve kükürtlü fazlardan gelen S miktarları sırasıyla ağırlık % 4,11-11,45 ve 4,36-12,7 arasındadır. Au ve Ag ortalama tenörleri ise 0,25 ve 3,67 ppm olarak saptanmıştır.



**Şekil 3.** (a) Murgul Cu yatağı basitleştirilmiş jeoloji haritası, (b) 3a'daki gösterilen yaklaşık bakış noktasından konak breşleşmiş dasit tüf içindeki Çakmakkaya cevherleşmesinin ve örtü tüfün dokanağının kuzeydoğuya doğru görüntüsü, (c) Breşleşmiş dasit tüf içinde gözlenen stokvörk damarcıklar ve saçınım şeklindeki cevherleşme

**Tablo 1.** Murgul Çakmakkaya ve Lahanos Bakır Yataklarından alınan cevher örneklerine ait analiz sonuçları .

	ppm	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm
	Ag	As	Bi	Cd	Cu	Fe	Pb	S	Zn	Au
<b>MURGUL - ÇAKMAKKAYA</b>										
MC1	4	0,021	0,001	<0,001	0,563	4,11	0,006	4,36	0,011	0,257
MC2	4	0,025	0,026	<0,001	0,494	7,07	0,003	7,12	0,016	0,189
MC3	3	0,019	0,001	<0,001	1,87	11,45	0,004	12,7	0,003	0,301
<b>LAHANOS</b>										
AS-3	7	0,081	0,016	<0,001	0,078	43,3	0,036	46	0,06	0,594
LA1	8	0,038	0,003	<0,001	0,202	45,9	0,026	48,6	0,1	0,352
LA2	11	0,097	0,026	0,005	0,702	39,3	0,622	41,6	1,245	0,597
LA3	1	0,006	0,002	<0,001	0,025	42,4	0,016	45,5	0,14	0,057
LA4	71	0,608	0,007	0,012	3,9	24,3	0,704	28,9	1,865	2,58
LA5	11	0,008	<0,001	<0,001	0,304	44,8	0,022	49,9	0,05	0,435

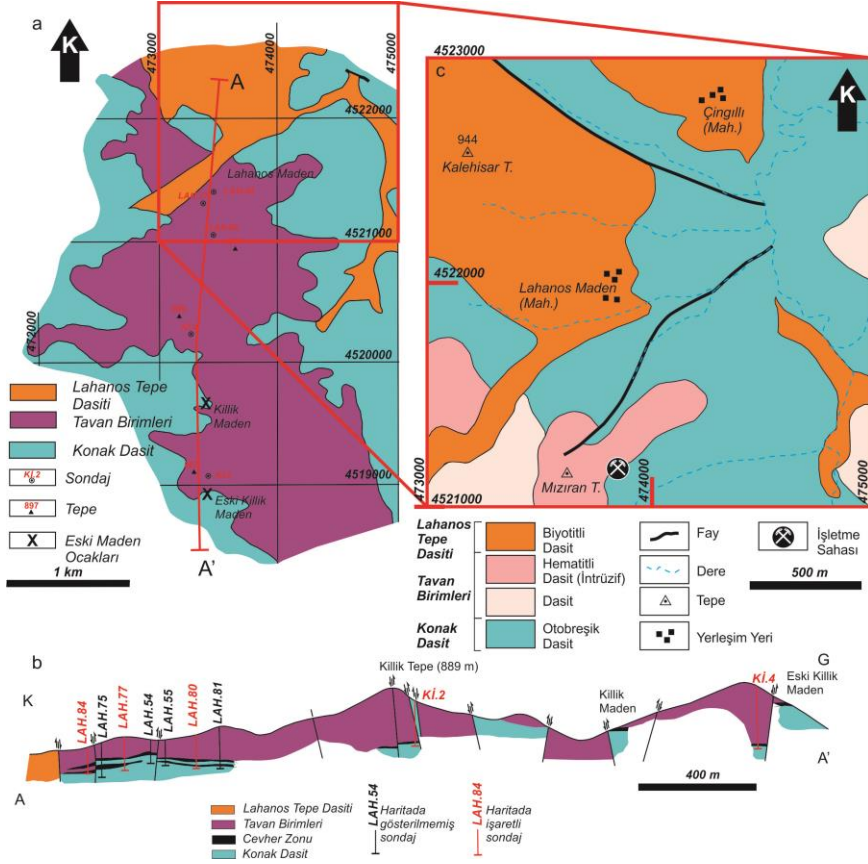
### 5. Lahanos Bakır Yatağı

Doğu Pontidler metalojenik kuşağının en batı kesiminde, Giresun il sınırları içinde yer alan Lahanos yatağı'nda Murgul yatağı gibi temel olarak Cu içeriği açısından değerlendirilen bir yataktır (Şekil 1c). Kızılıkaya formasyonu olarak tanımlanan, marn ve kireçtaşı arakatlı dasit-riyodasit-riyolitlerden oluşan volkano-sedimanter formasyonun üst kesimlerinde yer alan Lahanos masif cevheri "yatac dasiti" [97] olarak ta adlandırılan otobreşik dasitik lavlardan ibaret "Konak Dasit" içinde ve üzerinde gelişmiştir (Şekil 4a, 4b ve 4c). Silişleşme, killeşme, serizitleşme ve kloritleşmenin gözlemlendiği bu taban (ve konak) dasitik kayalarının üzerinde yer alan masif cevher temelde yer yer Cu ve Zn içeriği zengin piritik bir kütledir. Genel olarak kırıntılı (klastik) bir yapı sunan masif cevher gövdesi tabandan tavana sırasıyla masif piritik cevher (Cu < 1 ve eser miktarda Zn), piritli masif cevher (Cu > Zn) ve masif cevher (Zn > Cu) şeklinde zonlara ayrılmaktadır [5]. Taban kayaları ve masif cevher horizonu üzerinde ise hematitik dasit, hyaloklastit ve volkano-sedimanter elemanlar içeren baskın olarak kırmızımsı (morumsu) yer yer gri renkli volkanik üyelerden oluşmuş "Tavan Birimleri" yer almaktadır. Tavan

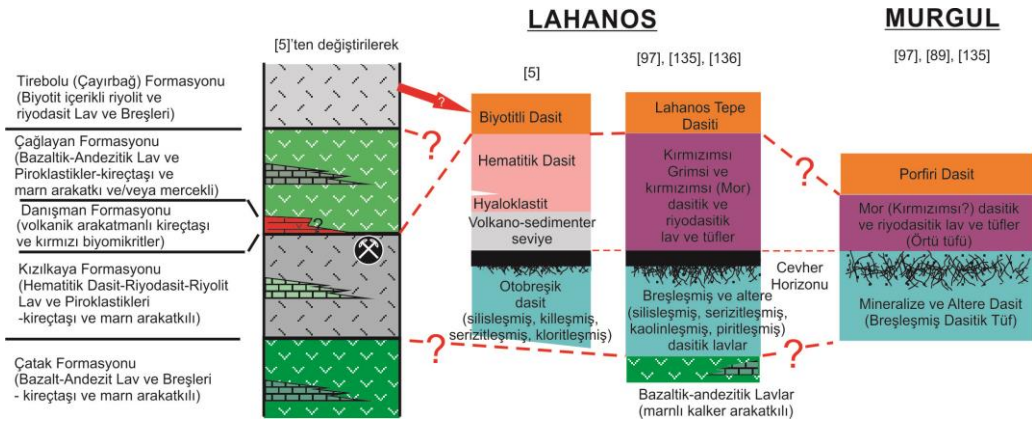
birimlerinde de serizitleşme ve kloritleşme gözlenmektedir ve bunlar "Lahanos Tepe dasiti" olarak ta adlandırılan intrüzif karakterli biyotitli dasit birimi (Tirebolu Formasyonu?) tarafından üstlenirler [5].

Lahanos yatağında da Murgul'da olduğu gibi cevherleşmenin içinde ve üzerinde geliştiği mekan kayalar (konak dasit veya otobreşik dasit) ve tavan birimleri olarak tanımlanan örtü kayaçlarının (hematitik dasit, mor dasit vb.) Kızılıkaya Formasyonu'nun üyeleri ile eşleştiği düşünülmektedir. Bölgede yapılan önceki çalışmalar ve gözlemlerin denestirilmesi ile oluşturulmuş litostratigrafik bir korelasyon şeması Şekil 5'te verilmiştir.

Bu çalışmada Lahanos yatağından alınan cevher örneklerinden gerçekleştirilen analizlerde Cu miktarı ağırlık % 0,03 ile 3,90 arasında değişmektedir (n=6, Tablo 1). Pb ve Zn miktarları Murgul yatağına göre daha yüksektir (sırasıyla ağırlık % 0,02-0,70 ve 0,05-1,86). Ana olarak pirit varlığından kaynaklanan Fe ve kükürtlü fazlardan gelen S miktarları sırasıyla ağırlık % 24,30-45,90 ve 28,90-49,90 arasındadır. Au ve Ag ise ortalama 0,77 ve 18,17 ppm olarak saptanmıştır.



**Şekil 4** (a) Lahanos Cu yatağı jeoloji haritası [133'den derlenerek], (b) Sondajlardan ve yüzey jeolojisinden yararlanarak oluşturulmuş A-A' kesiti [97 ve 133'den denştirilerek], (c) 4a'daki gösterilen 4 km'lik alanın detay jeolojisi [5, 97 ve 133'den denştirilerek].



**Şekil 5.** Lahanos ve Murgul yataklarının litostratigrafisinin Doğu Pontidler magmatik yayının genelleştirilmiş kolon kesiti ile denştirilmesi. Denştirilmede kullanılan kolon kesitlerin kaynakları ilgili kesitlerin üzerinde verilmiştir.



## 6. Cevher Mineralojisi

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında Murgul ve Lahanos Cu yataklarından alınan cevher örneklerinden hazırlanan parlak ve ince kesitler yansıyan ışık mikroskopisi yardımıyla incelenmiştir. Bu çalışmalar kapsamında elde edilen gözlem ve bulgular aşağıda sunulmuştur.

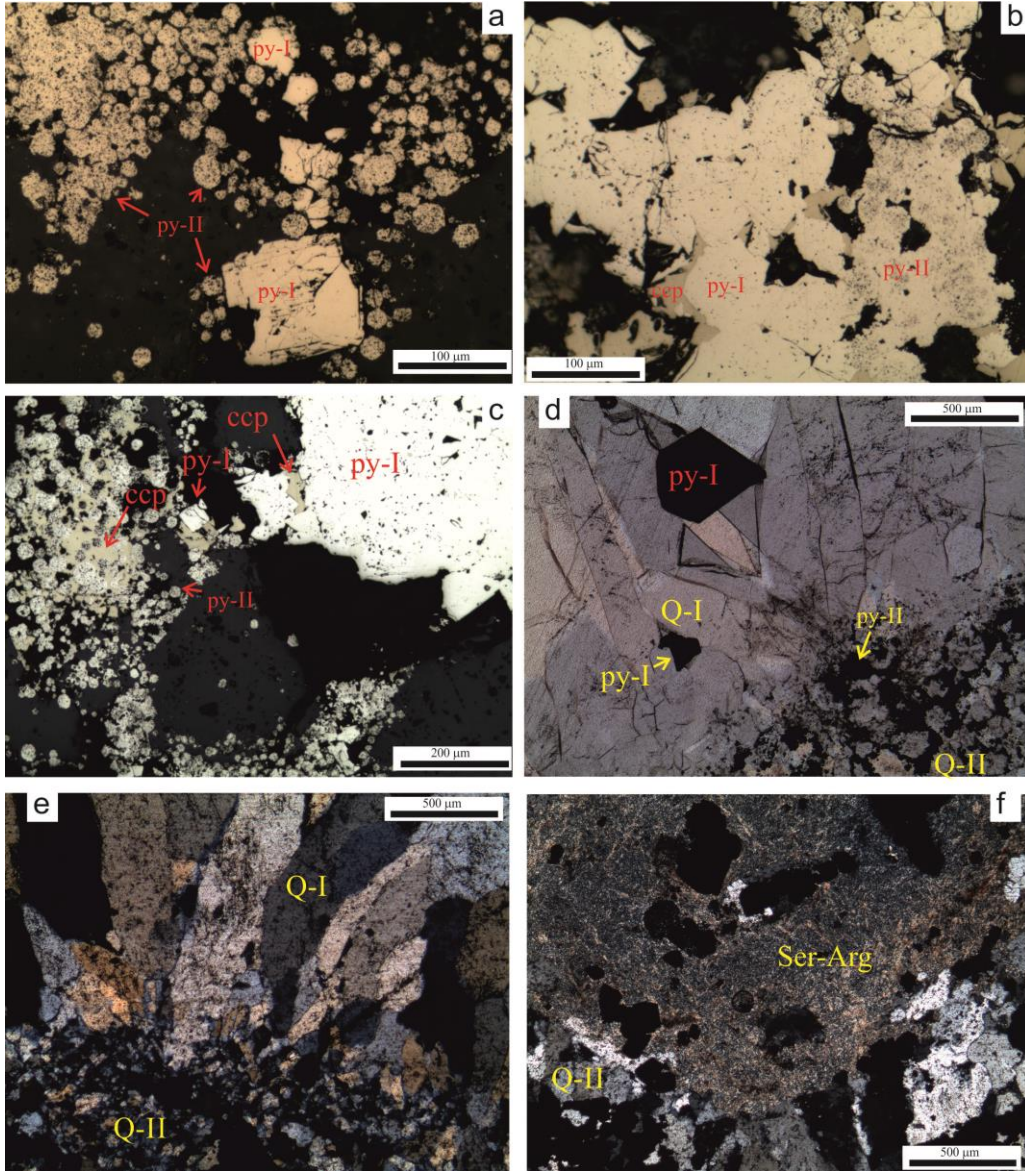
### 6.1. Murgul Cu yatağı cevher ve gang parajenezi

Önceki çalışmalarda Murgul yatağı için baskın şekilde pirit ve kalkopiritten oluşan ve lokal olarak galen, sfalerit ve fahlerz grubu mineraller içeren bir parajenezden bahsedilmiş, bunlara eser oranda aikinit ( $PbCuBiS_3$ ), hessit ( $Ag_2Te$ ), tetradimit ( $Bi_2Te_2S$ ), clausthalit ( $PbSe$ ), nabit altın, cervelleit ( $Ag_4TeS$ ), stützit ( $Ag_{5-x}Te_3$ ), Bitenantit ve Bi-selenotellürid gibi minör fazların eşlik ettiği belirtilmiştir [137, 138]. Yine önceki çalışmalarda cevherleşmenin ilk evresinin kuvars ve serizit ile karakterize bir fillik alterasyon ve eşlenişindeki arjilik alterasyon ile, ikincil evresinin ise temel olarak kuvars ve jasper ile karakterize yoğun bir silisik alterasyon ile ilişkili olduğu belirtilmektedir [101]. Bu çalışma kapsamında yataktan alınmış örneklerde gözlenen cevher ve gang mineralleri parajenezi ise daha yalındır. Parlak ve ince kesitlerde gözlemlenen parajenez iki farklı evrede ve dokuda gelişmiş pirit (öhedral/subhedral ve framboyidal), kalkopirit, bornit, kovellin, sfalerit, kuvars, serizit ve kil minerallerinden ibarettir. Lokal olarak gözlemlendiğinden bahsedilen galen, sfalerit ve fahlerz grubuna ve eser olarak bulunduğu

belirtilen bizmut, tellür ve selenidli fazlara rastlanamamıştır.

İncelenen örneklerde cevher süksesyununun öhedral/subhedral piritler (pirit-I) ile başladığı görülmektedir (Şekil 6a). Bu ilk evre pirit oluşumu genelde öncelikle framboyidal piritler (pirit-II) tarafından ornatılmış, ardından da kalkopirit tarafından çevrelenmiş şekilde gözlenmektedir (Şekil 6a ve 6b). Framboyidal piritlerin de incelenen kesitlerde yaygın şekilde kalkopirit tarafından ornatıldığı görülmektedir (Şekil 6c). Kesitlerden ana sülfür cevherleşmesinin volkanik mekan kayacın silisleşmesi ve ağsal şekilde sülfürlü ve silisli damarcıkların yerleşimi ile ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 6d ve 6e). Kuvars, ağsal damacıklarda iri taneli ve tarak (comb) dokusu sunar şekilde gözlenirken, mekan kayacın silisleşmesi sürecinde gelişen kuvars tanelerinin orta-ince taneli olduğu ve yap-boz (jigsaw) dokusu sunduğu görülmektedir (Şekil 6e). Ayrıca parlak kesitlerde öhedral/subhedral piritleri (pirit-I) ornatır şekilde olduğu gözlenen framboyidal piritlerin (pirit-II) baskın olarak silisleşmiş mekan kaya içinde bulunduğu, tarak dokulu iri kristalli ağsal damarcıklarda ise bu fazlara rastlanmadığı görülmektedir (Şekil 6d). Kesitlerde ayrıca silisleşme öncesi feldspatlardan türeyen erken evre alterasyon ürünü serizitler ve arjilikleşme de gözlenmektedir (Şekil 6f).

Murgul yatağından alınan örneklerden oluşturulan bir parajenez tablosu Şekil 7'de verilmiştir.



**Şekil 6.** Murgul yatağından alınan cevherleşme örneklerinden ince ve parlak kesit fotoğrafları. (a) Öhedral/subhedral piritler (py-I) ve onları ornatın framboyidal piritler (py-II), (b) ve (c) Öhedral/subhedral piritlerin framboyidal piritler ve kalkopirit (ccp) tarafından ornatımı, (d) ve (e) tarak (comb) dokulu ve iri taneli kuvars (Q-I), konak kayacın yoğun silisleşmesi ile oluşan yap-boz (jig-saw) dokulu orta-ince taneli kuvars (Q-II) ve eşlik eden cevher mineralleri, (f) silisleşme öncesi erken evre alterasyonu ile ilksel feldspatlardan gelişen serizitleşme ve arjilikleşme (Ser-Arg). Yansıyan ışık görüntüleri havada ve tek nikelde, polarizan mikroskop görüntülerinden sadece 6d paralel, diğerleri çapraz nikelde alınmıştır.

Mineral	1. Evre	2. Evre
Serizit	---	
Kil Mineralleri	---	
Pirit-I		---
Pirit-II		---
Kalkopirit		---
Kuvars-I		---
Kuvars-II		---

**Şekil 7.** Murgul yatağından alınan örneklere ait genelleştirilmiş parajenetik sekans.

### 6.2. Lahanos Cu yatağı cevher ve gang parajenezi

Önceki çalışmalarda Lahanos yatağına ait cevher parajenezi ifade edilirken baskın olarak Fe, Cu, Zn, Pb sülfürlerin ve nadiren de arsenürlü fazların varlığından söz edilmiştir [5, 97, 135, 136]. Bu çalışma kapsamında da Lahanos yatağından alınmış örneklerden hazırlanmış parlak kesitlerde yapılan incelemelerde önceki çalışmalarda verilen parajenez ve süksesyonu genel olarak destekler bulgulara rastlanmıştır. Ancak bazı farklılıklar da göze çarpmaktadır ve bunlara aşağıda değinilmektedir.

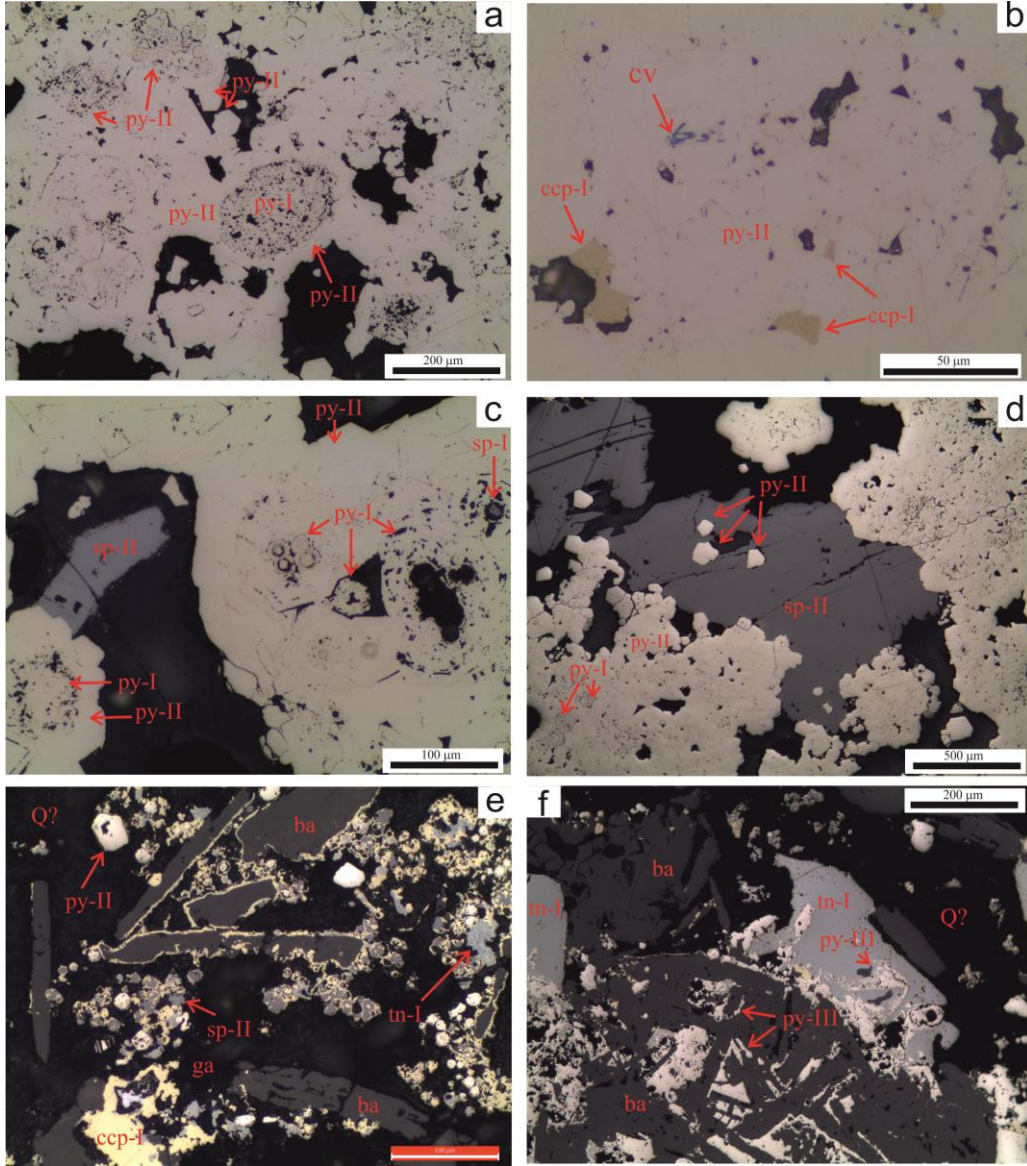
Zengin bir parajenetik topluluk içeren cevherleşmenin en dikkat çekici özelliği sergilediği karmaşık süksesyondaki mineral tekrarlanması yaygınlığıdır. Bunların daha iyi anlaşılabilmesi için cevherleşmede tekrarlanan mineraller numaralandırılmıştır. Bu numaralandırmada temel olarak dokusal farklılıklar ve oluşum sırasını gösteren kenetlenme ilişkileri göz önüne alınmıştır. Fazların kimyasal bileşimlerine dair bir değerlendirmeye gidilmemiştir. İncelenen örneklerde parajenez temel olarak, üç farklı dokusal özellikte pirit (I-II ve III), üç farklı kalkopirit ve sfalerit (I-II ve III), iki farklı evrede gelişmiş tenantit (I ve II), bunlara ek olarak enarjit, galen, kovellit, kalkosit, bornit, ve tüm bu cevher minerallerine eşlik eden barit ve kuvarstan oluşmaktadır.

Masif cevher kütesinin alt seviyelerinden alınmış örneklerde piritçe zengin bir mineralizasyon hakimdir. Temel olarak yaygın şekilde konsantrik ve bantlı, yer yer süngerimsi ve/veya framboyit benzeri toplanımlar şeklinde piritlerle (pirit-I) başlayan cevherleşme, bunların subhedral-öhedral ve daha iri taneli piritler (pirit-II) tarafından ornatılması ile devam etmiştir. (Şekil 8a). Birinci evre piritleri

ornatan bu subhedral-öhedral piritlerin oluşturduğu kovuklu yapı içinde bunlardan sonra gelişen kalkopirit (kalkopirit-I) ve nadir kovellit oluşumu göze çarpmaktadır (Şekil 8b). Pirit-I içinde gruplandırılmış olan konsantrik yapı ve/veya süngerimsi toplanımların büyük çoğunluğunda merkezde gang mineralleri (olasılıkla kuvars?) göze çarpmakta, bazılarında da ise subhedral-euhedral sfalerit (sfalerit-I) veya pirit bir çekirdek gözlenmektedir (Şekil 8c). Ancak sfalerit (sfalerit-II) pirit II'yi anhedral bir yapıda ornatır şekilde de bulunur (Şekil 8c ve 8d).

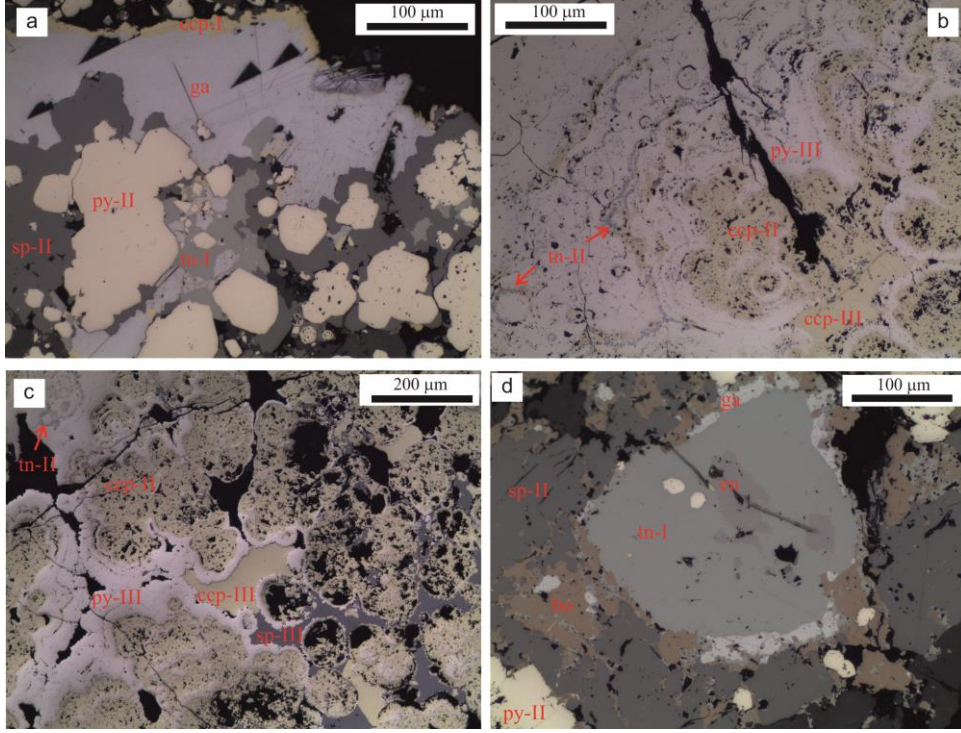
Cevherleşmede üst kotlara doğru çıkıldıkça pirit miktarı azalmakta ve yatağın hedef metal kaynağını oluşturan Cu ve Zn sülfidler bollaşmaktadır. Subhedral-öhedral pirit (pirit-II) burada da gözlenir. Kuvars(?) gang ile beraber barit tarafından ornatılmıştır (Şekil 8e). Hem pirit-II, hemde baritin yaygın şekilde anhedral sfalerit (sfalerit-II), tenantit (tenantit-I) ve kalkopirit-I tarafından ornatıldığı görülmektedir (Şekil 8e). Bu seviyelerde bariti ve onu ornatın tenantit-I ve kalkopirit-I'i ornatın, kolloform ve yer yer iskeletik formdaki üçüncü bir anhedral pirit fazının (pirit-III) varlığı da dikkat çekmektedir (Şekil 8f).

Süksesyonda pirit-II'yi ornatın tenantit-I'in sfalerit-II tarafından ornatıldığı ve her ikisinin de galen tarafından ornatıldığı görülmektedir. (Şekil 9a). Bunların hepsini ornatın galen ise kalkopirit-I tarafından ornatılmaktadır (Şekil 9a). Tenantit daha sonraki evrede rekürans ile yeniden ortaya çıkmakta (tenantit-II, Şekil 9b), son evre kolloform pirit (pirit-III) ve konsantrik toplanımları ile kalkopirit-I'den ayrılan kalkopirit-II ile beraber ardalanmalı şekilde gelişmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 9b). Bu fazların hepsi subhedral ve boşluk dolguşu şeklinde görülen kalkopirit-III ve sfalerit-III tarafından ornatılmaktadır (Şekil 9c). Stok sahasından alınan bir cevher örneğinde de pirit-II'nin sfalerit-II ve tenantit I tarafından ornatıldığı görülmektedir. Ayrıca tenantit içinde enarjit kapanımları da gözlenir (Şekil 9d). Lokasyonu tam olarak bilinmeyen bu stok sahası örneğinde diğer örneklerden farklı olarak bornit önemli miktardadır. Tenantit-I'in galen tarafından, galen'in ise bornit tarafında ornatıldığı göze çarpmaktadır. Bornitin aynı zamanda tenantit-I ve enarjitleri ornatıldığı da görülmektedir. Son aşamada bornit, kalkozin-kovellin ve kalkopirit-III tarafından ornatılır.



**Şekil 8.** (a) Lahanos yatağında gözlenen konsantrik ve bantlı, yer yer süngerimsi ve/veya framboyid benzeri toplanımlar şeklinde piritlerin (py-I) öhedral-subhedral şekilli piritler (py-II) tarafından ornatımı, (b)öhedral-subhedral piritlerin kalkopirit (ccp-I) ve kovellin (cv) tarafından ornatılması, (c) çekirdeğinde subhedral sfalerit (sp-I) ve gang (kuvars?) bulunan konsantrik ve bantlı piritlerin (py-I) öhedral-subhedral pirit (py-II) ve anhedral sfalerit (sp-II) tarafından ornatımı, (d) Anhedral sfaleritin öhedral-subhedral piritleri (py-II) ve bunların çekirdeğindeki konsantrik ve bantlı piritleri (py-I) ornatımı, (e) Olasılıkla kuvars (Q?) ve öhedral-subhedral piritten (py-II) sonra gelişmiş baritin (ba) çeşitli cevher mineralleri tarafından ornatımı (ccp-I: kalkopirit-I, sp-II: sfalerit-II, ga: galen, tn-I:tenantit-I), (f) Baritin (ba) kolloform ve yer yer iskeletik formdaki üçüncü bir pirit fazı (py-III) ve tenantit (tn-I) tarafından ornatılması.

Lahanos yatağı kesitlerinin incelenmesiyle bu karmaşık parajenetik ilişkilerden yola çıkılarak oluşturulan parajenetik tablo Şekil 10'da özetlenmiştir.



**Şekil 9.** (a) Süksesyonda öhedral-subhedral piriti (py-II) ornatılan tenantit'in (tn-I) sfalerit (sp-II) tarafından ve her ikisinde de galen (ga) tarafından ornatılması, galende kalkopirit I (ccp-I) tarafından ornatılmaktadır, (b) Tenantit rekürans ile yeniden ortaya çıkmakta (tn-II) ve kolloform pirit (py-III) ve kalkopirit-II (ccp-II) ile beraber ardalanmalı şekilde oluşmaktadır, (c) Subhedral ve boşluk dolgusu şeklinde son evre kalkopirit-III ve sfalerit-III, (d) Stok sahasından alınan cevher örneğinde pirit-II'nin sfalerit-II ve tenantit I tarafından ornatılması ve tenantit içinde enarjit kaptırımları. Tenantit-I galen tarafından, galen'in ise bornit tarafından ornatılmaktadır.

Mineral	Cevherleşme
Sfalerit	[I] [II] [III]
Kuvars	--
Pirit	[I] [II] [III]
Barit	---
Enarjit	---
Tenantit	[I] [II]
Galen	---
Kalkopirit	[I] [II] [III]
Bornit	---
Kalkozin-Kovellin	---

**Şekil 10.** Lahanos yatağından alınan örnekler için geliştirilmiş parajenez tablosu.

## 7. Tartışma ve Sonuçlar

Bugüne kadar pek çok araştırmacı Doğu Pontid magmatik yayı volkanik ürünlerinde gelişmiş masif sülfür (VMS) cevherleşmelerinin Kuroko tip yatakların benzeri olduklarını ifade etmişlerdir [55, 86, 133, 136]. Revan ise yatakların Ural tip ve Kuroko tip arasında orta bir özellik sunduklarını ifade etmiş ve ilk olarak Pejatovi tarafından nerilen [47] "Pontid tip" ismi ile nitelendirmiştir [5]. Bu alışma kapsamından incelenen Lahanos ve Murgul masif sülfür cevherleşmeleri derin denizel açılma ortamında ve magmatik yay ile ilişkili açılma evrelerinde [5, 89] deniz tabanı hidrotermal aktivitesinin etkili olduğu süreçlerle ilişkili gelişmiş yataklardır. Her iki yatakta da ekonomik hedef metal Cu olmakla birlikte, parajenezlerinde yoğun pirit varlığı dikkat çeker. Bununla beraber yatakların özellikle mineralojik ve kimyasal açıdan önemli farklılıklar sunduğu görülmektedir. Bu bölümde bu çalışmada gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar gözlemleri ve önceki çalışmalar temelinde bu iki yatak arasındaki benzerlik ve farklılıklar ele alınarak bunun nedenleri yorumlanmaya çalışılacaktır.

Doğu Pontidlerin zıt uçlarında yer alan bu iki farklı cevherleşmenin öncelikle benzerliklerini ele alırsak, ilk aşamada mekan litolojilerden bahsetmemiz gerekir. Şekil 5'te verilen litostratigrafik korelasyon Őemasına göre her iki yatakta da ana cevherleşmelerin benzer volkanik seviyeler (breşleşmiş ve altere dasitik kayaçlar) içinde bulunduğu ve örtü serilerinin benzer olduğu görülmektedir. Her iki yatakta da örtü cevherleşmelerin mekan/yan kayalarını Kızılkaya Formasyonu'nun dasitik lav ve tüfleri oluşturmakta, her iki yatakta da konak kayacın breşleşmiş ve altere yapısına (silisleşme, serizitleşme, kaolinleşme, piritleşme) vurgu yapılmaktadır. Bir diğer benzerlik ise tavan litolojilerde görülür. Lahanos yatağının tavan litolojileri genel anlamda kırmızımsı grimsi ve dasitik-riyodasitik lav ve tüfler (veya hematitik dasit ve volkanoklastik seviyeler) olarak tanımlanırken [5, 97, 135, 136], Murgul yatağı örtü litolojileri mor renkli dasitik ve riyodasitik lav ve tüfler olarak tanımlanmaktadır. [97, 89]. Lokal olarak sırasıyla "genç dasit" ve "mor tf/mor dasit" olarak ta isimlendirilen konak ve tavan serileri maden arama ve işletme faaliyetlerinde önemli kılavuz seviye görevi görmektedir. İki yatak arasında örtü seriler arasında benzerlik bununla da sınırlı değildir.

Pollak tarafından "Lahanos Tepe dasiti" [97] ve Revan tarafından "biyotitli dasit" [5] olarak isimlendirilmiş olan ve Doğu Pontidlere ait genelleştirilmiş stratigrafide ise "Tirebolu Formasyonu" ile eşleştiği düşünülen hipabisal kayaçların (dasit bileşimli biyotit-kuvars-feldspat porfiri [97, 135]) eşleniğinde Murgul yatağında Gkce tarafından oldukça kalın Şekilde rt tflerini üzerlediği ifade edilen "porfiri dasit" [89] olması mümkündür (Şekil 5). Bu temel benzerlikler, her iki yatağında yay volkanizmasının gelişimi sırasında iki farklı volkanik evre arasında gelişmiş cevherleşmeler olduğuna işaret eder.

Doğu Pontidlerde yer alan VMS yataklarının birçoğunun deniz tabanının hemen altında bulunan volkanik konak kayaçların ornatılmasıyla (deniz tabanı altı ornatımı) oluştuğu ve bir çoğunda cevherleşmenin masif tipten çok damar, saçınım ve ağsal tipte olduğu bilinmektedir [139]. Deniz tabanı altında gelişen düzensiz yapısal süreksizliklere infiltre olan hidrotermal akışkanlarla ilişkili bu tip cevherleşmeler deniz tabanında ve altında geliştikten sonra örtü kayaçların yerleşimi geliştiğinden bu kısımlarda konak kayaçlardaki gibi kuvvetli bir alterasyonun ve/veya cevherleşmenin varlığı beklenmez. Bununla beraber önceki çalışmalarda Murgul yatağının örtü (mor) tflerinde özşekilli ve yaygın iri kristaller halinde piritlerin varlığının rapor edilmesi ilginçtir [89]. Söz edilen bu durumun ana cevher yerleşiminin zamanlaması ve belki rejüvenasyon gibi süreçlerin varlığının daha detaylı irdelenmesini gerektirmektedir. Bu yönde bir çalışma için ana cevherleşme ve ilişkili cevher fazların ve örtü kayada yer alan cevher minerallerinin direkt yaşlandırması gibi teknikler etkin araçlar olabilir.

Çalışılan cevherleşmelerden bu çalışma kapsamında incelenen örneklerin birbirlerinde farklılıklardan bahsedildiğinde ise en temel başlık Doğu Pontid magmatik yayının en doğusunda yer alan Murgul yatağından incelenen örneklerin parajenez ve süksesyonun Lahanos'tan alınanlara göre daha basit olması olacaktır. Bunun temel nedeni çalışılan örneklerin her iki yatağın benzer zonlarından alınamamış olmasıdır. Murgul yatağı, sadece saçınım ve stokvörk cevherleşme içermektedir ve temelde cevher minerali olarak pirit ve kalkopirit, gang fazı olarak ise baskın kuvars ve buna eşlik eden serizitik ve arjilik alterasyon

içerir. Murgul yatağından alınan örneklerde serizitleşme ve arjilikleşme ana sülfür cevherleşmesinin gözleendiği mekan kayacın silisleşmesi ve ağsal şekilde sülfidli ve silisli damarcıkların yerleşiminden önce gelişmiştir. Güncel deniz-tabanı hidrotermal sistemlerini (örn: Jade hidrotermal sahası, Okinawa hendeği yay-gerisi havzası, Japonya [140]) temel alan analogik bir yaklaşımla, yatağın hali hazırda işletilen kesiminin Üst Kretase döneminde gelişmiş(mekan kaya yaşı) bir deniz-tabanı hidrotermal sisteminin hidrotermal akışkan deşarjını takviye eden beslenme kanallarını temsil ettiği sonucuna varılabilir. Bu tip sistemlerde eğer deşarj olan hidrotermal akışkanın hidrostatik basıncı deniz suyununkine yakın veya büyükse beslenme kanalları üzerinde akışkan deşarjının gerçekleştiği deniz tabanı paleotopoğrafyasını yansıtacak sülfür tepeciklerinin bulunması beklenilir. Ancak işletmenin güncel durumunda paleoyüzey görülmemektedir. Bununla beraber, bu tip sülfür tepeciklerinin eşleniği olarak değerlendirilebilecek ince masif sülfür merceklerinin varlığından önceki çalışmalarda bahsedilmiştir [89]. Bu eksik sekans görüntüsünün, ana masif cevher zonlarının halihazırda işletilmiş olmasının yanında cevherleşmenin güncel konumuna yerleşimi sırasındaki tektonik faaliyet etkisi ile de oluşmuş olabileceği değerlendirilebilir. Ancak önceki çalışmalarda varlığı raporlanan masif sülfür merceklerinin de ince zonlar olarak not edilmesi ve saçınım ve ağsal cevherleşmenin yatak içinde baskın olması, cevherleşmenin oluşumu esasında deniz suyu-hidrotermal akışkan arasındaki hidrostatik basınç farkının çok fazla olmadığını da önermektedir.

Lahanos yatağında ise cevherleşme, Murgul'un aksine, masif cevher açısından baskındır ve morfolojik olarak güncel deniz-tabanı hidrotermal sistemlerinde gelişen sülfür yığınlarının bir çeşit paleo-türevini andırmaktadır. Lahanos yatağında alt kotlarda cevherleşmenin başlangıç aşamasında gelişen piritlerin formu dikkat çekicidir. Parajenetik olarak en eski olan piritler (pirit-I) yaygın şekilde konsantrik ve bantlı, yer yer süngerimsi ve/veya framboyit benzeri toplanımlar şeklindedir ve subhedral-öhedral piritler (pirit-II) tarafından ornatılmış/ çevrelenmiş halde gözlenirler. Bu tür dokular, deniz tabanı veya yakınında hidrotermal akışkanın soğuk deniz suyu ile karışımı ve hızlı soğumasına bağlı

gelişebilmektedir, Bununla beraber aktif sistemlerde yürütülmüş detaylı çalışmalar bu tür dokuların gelişmesi için bir tür altlığın varlığının da gerekli olduğu göstermektedir [141]. Bu tip yapılar için en olası altlıklar olarak biyotik tüp solucan toplulukları ve ipliksi bakteriler ya da akışkanların erken dönemde düşük sıcaklıklı deşarj ile oluşan silis-anhidrit-barit kovuklu yapıları önerilmektedir [141 ve orada verilen referanslar].

Lahanos yatağından alınan ve incelenen örneklerde düşük ısıda yaygın görülen dokular (konsantrik ve bantlı, yer yer süngerimsi ve/veya framboyit benzeri) sunan pirit ile başlayan cevherleşmenin daha daha yüksek ısıda gelişebilecek (iri taneli ve öhedral-subhedral) dokudaki pirit ile çevrelenmesi, yukarıda anlatıldığı gibi bir tür altlık üzerine gelişen bir cevherleşmeye işaret eder. Cevherleşmede üst kotlara doğru daha Cu-Zn açısından zengin bir parajenezin varlığı Kuroko tipi yataklarda tipik olarak tanımlanan sarı cevherden siyah cevhere geçişi temsil ediyor gibi görünmektedir. Üst kotlara doğru parajenezde daha düşük ısıyı tanımlayan dokuların görülmesi ve süksesyonda sıklıkla gözlenen mineral tekrarlanması deniz tabanına deşarj olan sülfür açısından zengin hidrotermal çözeltinin zaman içinde evrimleştiğini, ancak buna ek olarak sürekli belirli aralıklarla da takviye edildiğini göstermektedir. Tekrarlanan hidrotermal çözelti takviyesi, gelişen karmaşık süksesyonu açıklayabilir bir senaryodur. Bununla beraber, bu çalışmada cevher minerallerinin kimyası hakkında detaylı bir irdeleme yürütülmediğinden bu olası süreçte akışkan kimyasındaki değişimler hakkında bir yorum yapılması güçtür. Ancak cevherleşmede tekrarlanan fazların dokusal farklarından hareketle kimyalarında da bir varyasyonun olma olasılığı yüksektir.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında örneklenen ve cevher mineralojileri açısından ele alınan Murgul ve Lahanos yatakları, aynı metalojenik kuşak içinde önemli oranda benzerlikleri yanında farklılıkları açısından da dikkat çekmektedir ve tipik deniz-tabanı hidrotermal sistemlerinin farklı seviyelerini iyi şekilde temsil etmektedir. Bu yatakların ve bölgedeki benzer kökendeki diğer yatakların parajenezlerinin, cevher mineral kimyalarının ve direkt olarak cevher radyometrik yaşlarının detaylı şekilde çalışılması, ana cevherleşmelerin

zamanlaması ve/veya cevherleşme sonrası rejüvenasyon süreçlerinin anlaşılmasında önemlidir. Bu tür bir araştırma perspektifi, bölgesel metalojenezik yap-bozun eksik parçalarının tamamlanmasında önemli ve kullanışlı birer araç olacaktır.

### Teşekkür

Arazi ve örnekleme çalışmalarına katkısı ve makalenin ilk şeklini almasındaki sağladığı görüşlerinden dolayı Dr. Tolga OYMAN'a teşekkür ederim. Çalışma sırasında örneklemelerde yardımcı olan EtiBakır A.Ş. yöneticileri ve teknik personeline ayrıca teşekkür ederim. Makalenin son halini almasında sağladıkları yapıcı eleştiri ve katkılarından dolayı değerli hakemlere de teşekkürü borç bilirim. Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi özkaynakları ile 2017.KB.FEN.010 no'lu Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir.

### Kaynakça

- [1] Galley, A.G., Hannington, M.D., Jonasson, I.R., 2007. Volcanogenic massive sulphide deposits, Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods, ed. Goodfellow, W.D., Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, s. 141-161.
- [2] Akbulut, M., Oyman, T., Çiçek, M., Selby, D., Özgenç, İ., Tokçaer, M., 2016. Petrography, mineral chemistry, fluid inclusion microthermometry and Re-Os geochronology of the Küre volcanogenic massive sulfide deposit (Central Pontides, Northern Turkey), *Ore Geology Reviews*, Cilt. 76, s. 1-18.
- [3] Misra, K.C. 2000. Understanding Mineral Deposits. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 844 s.
- [4] Hamilton, W.J., 1842, Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia. vol. I, II, London, 572s.
- [5] Revan, M. K. 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi Volkanojenik Masif Sülfid Yataklarının Tip Özelliklerinin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 320s, Ankara.
- [6] Chaput, E., 1936, Türkiye'de jeolojik ve jeomorfolojik tetkik seyahatler: İ.Ü. Coğr.Enst.Neş.,11, 326s.
- [7] Arni, P., 1939, Tektonische Grundzüge Ostanatoliens und benachbarter Gebite: Veröff. Inst. Lagerstättenforsch. Türkei, Ser. B, 4, 90 s.
- [8] Paréjas, E., 1940, La tectonique transversale de la Turquie: Publ. Inst. Géol. Univ., İstanbul, N.S., 8, 244 s.
- [9] Lahn, E., 1940, Les structures géologiques de la région d'Erzurum: MTA Mecm., Cilt. 19, s. 233-243.
- [10] Stchepinsky, V., 1945, Stratigraphie du bassin supérieur de la Kelkit çayı: M.T.A. Mecm., Cilt.33, s. 133-152.
- [11] Kovenko, V. (1942): Artvin bölgesi Kuvarshan bakır madenleri. M.T.A. Mecm., Cilt.27, s.230-266.
- [12] Wijkerslooth, P. de, 1946, Einiges über die Erzprovinz des östlichen Schwarzmeer-Küstengebirges, insbesondere über die Kupferlagerstätte von Kuvarshane (Wil. Çoruh-Türkei): MTA Mecm., Cilt.35,102-120.
- [13] Baykal, F., 1949, Of-Rize-Pazar kıyı dağları hakkında. M.T.A. Derleme Rapor No. 2198 (yayımlanmamış).
- [14] Baykal, F., 1952, Kelkit-Şiran bölgesinde jeolojik araştırmalar. M.T.A. Derleme Rapor No. 2205 (yayımlanmamış).
- [15] Erguvanlı, K., 1950, Trabzon-Gümüşhane arasındaki bölgenin jeolojik etüdü hakkında rapor. M.T.A. Derleme Rapor No. 2273, 28s., Ankara.
- [16] Yalçınlar, İ., 1952, İspir, Pazar, Arhavi ve Yusufeli arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA Derleme Rapor No. 2022 (yayımlanmamış).
- [17] Demirsü, A., 1955, Çıldır-Posof-Şavşat-Kemalpaşa bölgesinin jeolojik etüdü hakkında memuar. M.T.A. Rapor No: 2377 (yayımlanmamış).
- [18] Gattinger, T.E., 1955, Kuzeydoğu Türkiye'de Çoruh ile Erzurum arasındaki bölgede yapılan jeolojik harita çalışmaları hakkında rapor. M.T.A. Derleme Rapor No. 2379 (yayımlanmamış).
- [19] Gattinger, T.E., 1962, Explanatory text of the Geological Map of Turkey. Trabzon sheet. 1:500 000 scale. MTA Publ., Ankara.
- [20] Nebert, K., 1961, Kelkit Çayı ve Kızılırmak (Kuzey Anadolu) nehirleri mecrabölgelerinin jeolojik yapısı. MTA Dergisi, Cilt.57, s.1-49.
- [21] Ağralı, B., Akyol, E. and Konyalı, Y., 1965, Preuves palynologiques de l'existence du Dogger dans la région de Bayburt. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, Cilt.65, s.45-57.
- [22] Faure, D., 1967, Çoruh Nehri ile Karasu Çayı arasındaki stratigrafik seri ve Bayburt-Aşkale tektoniği hakkında rapor. M.T.A. Rapor No. 4099 (yayımlanmamış).
- [23] Baydar, O., Erdoğan, B., Akyürek, B., Topçam, A., Kengil, R., Korkmaz, B., Kaynar, A. ve Selim, M., 1969, Yusufeli-Öğdem-Madenköy-Tortum Gölü ve Ersis arasındaki bölgenin jeolojisi. M.T.A. Derleme Rapor No. 5202 (yayımlanmamış).
- [24] Yılmaz, Y., 1972, Petrology and structure of the Gümüşhane granite and surrounding rocks: Londra Üniversitesi, Doktora Tezi, 260s, İngiltere.
- [25] Yılmaz, Y., 1984, Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrim ilişkisi T.J.K. Ketin Simpozyumu Bildirileri, 63-81.
- [26] Stajanow, R., 1973, Pontidlerde Harşit nehri arasında volkanik taşların petrolojisi: Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı, 490-517.
- [27] Seymen, İ., 1975, Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay zonunun tektonik özelliği. İTÜ Doktora Tezi, 192 s, İstanbul.
- [28] Bergougnan, H., 1976, Structure de la chaîne pontique dans le Haut-Kelkit (Nord Est de l'Anatolie). Bull. Soc. Geol. France, Cilt.7-18, s.675-686.
- [29] Bergougnan, H., 1987, Etudes géologiques dans l'Est-anatolien. These de doctorat, a l' Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 606-5.
- [30] Coğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize granitik plütonlarının mukayeseli petrografik ve jeokronometrik etüdü (Petrological and geochronological studies in the Gümüşhane and Rize regions). Teknik Üniversite Matbaası, Doçenlik Tezi, 112 s, İstanbul.
- [31] Taner, M.F., 1977, Etude géologique et pétrographique de la région de Güneycelkizdere, située au sud de Rize (Pontides Orientales, Turquie).



- Ph.D. Thesis, Universite de Geneve, 180 s., Switzerland.
- [32] Tokel, S., 1972, Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region, N.E. Turkey. University of London, Ph. D. Thesis, U.K.
- [33] Tokel, S., 1973, Pontidlerin Mezozoyik ve Tersiyerdeki gelişimleri, bu gelişmelerin Kuzey Anadolu sismik zonu ile muhtemel ilgileri: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kong. Tebliğleri, 1-4, MTA yayını.
- [34] Tokel, S., 1977, Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma; Türkiye Jeoloji Kurultayı Bült., Cilt. 20, s.49-54.
- [35] Tokel, S., 1985, Pontidlerdeki uyumsuz element değişimlerinin transversal dağılımı ve dalım yönü tayini: Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, s. 23.
- [36] Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1975, Geochemistry of Upper Cretaceous volcanic rocks from the Pontic Chain, Northern Turkey. Bull. Volcan., Cilt. 39/4, s.557-569.
- [37] Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey. Contr. Mineral. Petrol., Cilt. 58, s. 63-81.
- [38] Açar, Ü., 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, KTÜ yayını, 59 s. Trabzon,
- [39] Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) güneydoğusu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi. K.T.Ü. yayını, No:87, 105 s., Trabzon.
- [40] Altun, Y., 1971, Murgul-Karatepe mevki doğusunun jeolojik etüd raporu. M.T.A. Derleme Rapor No. 4807, 9s., Ankara.
- [41] Altun, Y., 1976, Artvin-Murgul yataklarının jeolojik etüd raporu. M.T.A. Derleme Rapor No. 6317, Ankara.
- [42] Altun, Y., 1977, Çayeli- Madenköy bakır- çinko (Cu-Zn) yatağının jeolojisi ve cevherleşmeyle ilişkin sorular: MTA derg., Cilt9, s.9-21
- [43] Çağatay, M.N., 1977, Development of the geochemical exploration techniques for massive sulphide ore deposits, Eastern Black Sea Region, Turkey. Ph. D. Thesis. Univ. London.
- [44] Çağatay, N., 1980, Doğu Karadeniz Bölgesi volkanojenik masif sülfid yatakların hidrotermal alterasyonu. Türkiye Jeo. Kur. Bült. Cilt.23, s.69-78.
- [45] Çağatay, M.N. 1993, Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits: examples from Turkey. Economic Geology, Cilt.85, s.606-621.
- [46] Çağatay, M.N., Eastoe, J.E., 1995. A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the eastern Black Sea province, Turkey. Mineral. Deposita Cilt.30, s.55-66.
- [47] Pejatović, S., 1979, Metallogeny of the Pontide-type massive sulfide deposits; MTA Publ. No. 177.
- [48] Gedikoğlu, A., 1978, Harşit granit karmaşığı ve çevre kayaçları (Doğankent-Giresun). K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi, Doçentlik Tezi, 176 s., Trabzon.
- [49] Gedikoğlu, A., Pelin, S. and Özsayar, T., 1979, The main lines of geotectonic development of the Eastern Pontids in the Mesozoic area. Geocom-1, first geological Congress of the Middle East: M.T.A. Publ., 555-580.
- [50] Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian transform fault, its age, offset and tectonic significance: Journal of the Geological Society of London, 136, 269-282.
- [51] Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics Cilt.75, s. 181-241.
- [52] Akıncı, Ö.T., 1980, The major copper metallogenetic units and genetic igneous complexes in Turkey. In: Jankovic, S. and Sillitoe, R.H. (eds.) European Copper Deposits. 199-208.
- [53] Akıncı, Ö.T., 1981, Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulfide deposits. Econ. Geo. Mon. 1, 196-214.
- [54] Akıncı, Ö.T., 1984, The Geology and the metallogeny of the Eastern Pontides (Turkey). 1984 Dünya Jeoloji Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, 197-198.
- [55] Akıncı, Ö.T., 1985, The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits, In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. eds., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society Special Publication, No. 17, 415-428.
- [56] Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981, Doğu Pontidler'de Kretase (Cretaceous in the Eastern Pontides). Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi Jeoloji, 1, 65-114.
- [57] Kahraman, İ., 1981, Giresun-Görece-Tirebolu yöresinin jeolojisi ve maden yatakları. MTA Derleme Rapor No.1785, Ankara.
- [58] Kahraman, İ., 1984, Giresun-Tirebolu-Espiye yöresinin Cu-Pb-Zn ve Mn cevherleşmeleri maden jeolojisi raporu. MTA Derleme Rapor. No. 8028, Ankara.
- [59] Ercan, T. and Gedik, A., 1983, Pontidlerin volkanizması, Jeo. Müh. Derg., 18, 3-22.
- [60] Bektaş, O., 1983. Kuzeydoğu Anadolu magmatik yayındaki (I) tipi granitler ve jeotektonik konumları: 37. Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri özetleri kitabı, 49-50.
- [61] Bektaş, O., 1984, Doğu Pontidlerde Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi. KTÜ Dergisi, 3, 53-62.
- [62] Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984, Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu: Türkiye Jeo. Kur. Ketin Simpozyumu, 175-189.
- [63] Bektaş, O. ve Gedik, İ., 1987, Düşük TiO<sub>2</sub>'li lositli alkalin volkanizmanın Doğu Pontid Arkı (Kuzeydoğu Türkiye) ve ark gerisi ofiyolitleri ile olan ilişkileri. TJK Bildiri Özleri, Ankara, s. 19.
- [64] Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S., 1987, Doğu Pontidler'de (Kuzeydoğu Türkiye) Jura volkanizması ve jeotektoniği. Türkiye Jeo. Bül., Cilt. 30, s.9-18.
- [65] Bektaş, O. and Yılmaz, C., 1995, Mesozoic evolution of the Eastern Pontides (NE Turkey) opening of the Neotethys (from rifting to drifting) as a back arc basin. International Ophiolite Symposium, Pavia, Program and Abstract, 19-20.
- [66] Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y., and Köprübaşı, N., 1999, Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey). Geol Jour. Cilt.34, s.95-106.

- [67] Akdeniz, N., 1988, The regional tectonic framework of the Permo-Carboniferous of the Demirözü area. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt.31, s.71-80.
- [68] Akdeniz, N., Akçaren, F. ve Timur, E., 1994, Aşkale-İspir arasının jeolojisi. M.T.A. Derleme Rapor No. 9731 (yayımlanmamış).
- [69] Yılmaz, C., 1993, Accumulation rates of Jurassic-Lower Cretaceous sediments in the southern zone of the eastern Pontides. *Giornale di Geologia*, Cilt.55/2, s.131-145.
- [70] Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. and Şengör, A.M.C., 1997, Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: A.G. Robinson, ed., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Memoir 68, 183-226.
- [71] Yılmaz, A., Adamia, S., Lordkipanidze, M., Yılmaz, T., Kurt, İ., Abesadze, G., Lazarashvili, T., Beradze, R., Salukvadze, N., Kuloshvili, S., and Özkan, M., 2001, A Study of tectonic units of the area along Turkish-Georgian border. Yılmaz, A., Engin, T. ed. Geological studies of the area along Turkish-Georgian Border, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, 388p.
- [72] Yılmaz, C., Şen, C. and Özgür, S., 2003, Sedimentological, palaeontological and volcanic records of the earliest volcanic activity in the Eastern Pontide Cretaceous volcanic arc (NE Turkey). *Geol. Carp.*, Cilt.54, s.377-384.
- [73] Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö. ve Erkal, T., 1990, Bayburt dolayının jeolojisi. MTA Derleme Rapor No.8995 (yayımlanmamış).
- [74] Keskin, İ., Yergök, A.F., Kara, H., Dönmez, M. ve Aslan, M., 1998, Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu İli) dolayının jeolojisi. M.T.A. Derleme Rapor No. 10182, Ankara.
- [75] Okay, A.İ., 1989, Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey, In: Şengör, A.M.C. ed., Tectonic evolution of the Tethyan region: NATO ASI Series C259, Kluwer, Dordrecht, p. 109-116.
- [76] Okay, A.I., 1993, Geology and tectonic evolution of the Pulur (Bayburt) region (in Turkish): Report of the Turkish Petroleum Exploration Division, Ankara, No. 3415, 86 s.
- [77] Konak, N., Ercan, T. ve Bilgin, Z.R., 1991, Artvin-Oltu arasındaki Jura öncesi kayaların tanımı ve yapısal özellikleri: Ankara Üniv. Suat Erk Jeoloji Simpozyumu Bildiri Özleri.
- [78] Konak, N. and Hakyemez, Y., 2001, Tectonic units of the easternmost part of the Pontides: stratigraphical and structural implications. *Proceedings 2nd Int. Symp. Petrol. Geol. Hydrocarbon Potential Black Sea Area*, 22-24.9.1996, Şile, Istanbul. Turk. Assoc. Petrol. Geol. Sp. Publ. 4, s.93-103.
- [79] Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, Z.R., Hepşen, N. ve Ercan, T., 2001, Kuzeydoğu Pontidlerin jeolojisi, M.T.A. Derleme Rapor No. 10489, Ankara.
- [80] Güner, S., Güç, A.R., Eroğlu, C.İ., Musaoğlu, A., Boğuşlu, M., Tosun, C.Y., Kırıcı, M. ve Yaprak, S., 1986, Giresun-Kelkit-Şiran ve Alucra yöresi Cu-Pb-Zn, Fe ve Barit cevherleşmelerine ait maden jeolojisi raporu. MTA Derleme Rapor No. 8040, Ankara.
- [81] Güner, S., Dursun, A., Doksanbir, T., Yılmaz, Z., Bayraktar, S. ve Deniz, N., 1999, Gümüşhane-Bayburt-İspir-Yusufeli yörelerine ait epitermal altın aramaları. MTA Derleme Rapor No. 10257, Ankara.
- [82] Güner, S., Yazıcı, E., Dursun, A., Yılmaz, H., Ağan, A. ve Yılmaz, Z., 2003, Gümüşhane yöresi Epitermal altın aramaları prospeksiyon raporu. MTA Derleme Rapor No. 10743, Ankara.
- [83] Güven, İ.H., 1998, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Tortum-D31 paftası, MTA, Ankara.
- [84] Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. and Karataş, S., 1992, Petrology of the magmatic rocks in the area between Rize. Fındıklı and Çamlıhemşin (eastern Blacksea region) and their distribution in the Eastern Pontides (in Turkish): Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt.35, s.15-38.
- [85] Buser, S. (1970): Murgul bakır ocağı çevresinin jeolojisi. M.T.A. Rap., no. 5073 (yayımlanmamış), Ankara.
- [86] Craig H. B. Leitch, 1981; Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulphide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores. *Mineral. Deposita*, Cilt.16, s.241 – 257
- [87] Gedikoğlu, vd., 1982. Gököy (Ordu) yöresinde bir paleokaldera ile cevherleşmelerin konumu arasındaki ilişkiler: K.T.Ü. Yerbilimleri Dergisi, Cilt.2/1-2, s.117-130.
- [88] Geoffroy, J. (1960): Çayeli, Pazar ve Ardeşen bölgelerinin jeolojisi ve maden yatakları (vilâyet Rize).M.T.A.Rap. no. 3073 (yayımlanmamış), Ankara.
- [89] Gökçe, 2001. Çakmakçaya ve Damarköy (Murgul – Artvin) Bakır Yataklarında Sıvı Kapanımı, Oksijen ve Hidrojen İzotopları Jeokimyası İncelemeleri ve Yatakların Oluşumu Açısından Düşündükleri, Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 44, s.23-37.
- [90] Gökçe, A., Spiro, B., 2000. Sulfur-isotope characteristics of the volcanogenic Cu-Zn-Pb deposits of the eastern Pontide region, Northeastern Turkey. *Int. Geol. Rev.* Cilt. 42, s.565-576.
- [91] Karamata, S., vd, 1979. Lead and copper contents of igneous rocks from the Pontides and the Anatolides and their significance, *Geocomp* I, s.347-366.
- [92] Koprivica, D., 1979. Geological correlation in the Hopa-Artvin-Şavşat ares: *Geocomp* I, s.379-410.
- [93] Kraeff, A. (1963): Hopa-Murgul bölgesi jeolojisi ve maden yatakları. M.T.A. Derg., Cilt.60, s.44-59.
- [94] Mado, H., 1972, Geology and mineralization of the copper ore deposits in the Murgul mine, northeastern Turkey: MTA Rap., 1103, (yayımlanmamış), Ankara.
- [95] Özgür, N. ve Palacios, C.M., (1990). Doğu karadeniz metalojenik kuşağında bulunan volkanojenik kökenli Murgul bakır yatağının jeokimyasal önemli indikatör elementleri: MTA Dergisi, Cilt.111, s.119-132.
- [96] Peccerillo, A., ve Taylor, 1975. Geochemistry of Upper Cretaceous volcanic rock from the Pontic chain, Northern Turkey: *Bull. Volcanologique*, Cilt.39, s.1-13.
- [97] Pollak, A. (1961) : Karadeniz sahilinde, Giresun vilâyeti dahilinde Lahanos cevher yatakları. M.T.A. Derg., Cilt. 56, s. 40-52.
- [98] Revan, vd., 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi Masif Sülfid Yataklarındaki (Lahanos, Killik ve Çayeli) Fosil İzlerine Ait İlk Bulgular, MTA Dergisi, Cilt.140, s.75-81.
- [99] Revan, K., 2015. Volkanojenik Masif Sülfid (VMS) Bölgelerinin Küresel Ölçekte Karşılaştırılması (IGCP-

- 502). Doğal Kaynak ve Ekonomi Bülteni (2015) Cilt. 20, s.97-113.
- [100] Sawa, T. ve Sawamura, K., 1970, Murgul cevher yatağı ve çevresi hakkındaki rapor: Etibank Rap., 24/300, 24 s. (yayınlanmamış). Ankara.
- [101] Schneider, H.-J.; Özgür, N. ve Palacios, C.M., 1988, Relationship between alteration, rare earth element distribution, and mineralization of the Murgul copper deposit, northeastern Turkey: *Econ. Geol.*, Cilt.83, s.1238-1246.
- [102] Tuğal, H.T., 1969. Pyritic sulphide deposits of the Lahanos mine area, Eastern Black sea Region, Turkey: Doktora tezi, Durham Üniversitesi (İngiltere) yayınlanmamış.
- [103] Vujanovic, V., 1974, Doğu Karadeniz bölgesi, Yayı kesiminde bulunan sülfür maden yataklarının mineralojisi, parajenez ve köken özellikleri: *MTA Derg.*, Cilt.82, s.21-35
- [104] Zimmer, E. (1973): Arhavi ve Peronit mıntıkası bakır yatakları hakkında rapor. M.T.A. Rap., no. 344 (yayınlanmamış), Ankara. (1937/>): Murgul bakır yatağı hakkında nihâi raporlar. M.T.A. Rap., no. 349 (yayınlanmamış), Ankara.
- [105] Willgallis, A.; Özgür, N. ve Siegmann, H., 1990, Microprobe study of Se-and Te-containing complex sulphide ore of the copper deposit Murgul, Mi Turkey: *Kur. 3. Mineral. Cilt. 2*, s.145-148.
- [106] Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V.V., Ünlü, T., Delibaş, O., Hamzaçebi, S. 2013. Doğu Karadeniz bölgesi (KD Türkiye) volkanojenik massif sülfid yatakları cevher fasiyeslerine ait bazı özgün bulgular, *Maden tetkik ve Arama Dergisi*, Cilt.147, s.73-90.
- [107] Richards, J.P. 2015. Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision. *Ore Geology Reviews* Cilt. 70, s. 323-345.
- [108] Kuşçu, İ. 2013. Metallogeny of Turkey A diverse collisional and post-collisional environment for mineral deposits. *Mining Turkey* Cilt.3, Sayı 5, s. 32-39.
- [109] Jankovic, S., Petrascheck, W. 1987. Tectonics and metallogeny of the Alpine - Himalayan belt in the Mediterranean area and western Asia: *Episodes* Cilt.10, s. 169 - 175
- [110] Kuşçu, İ., 2019. Skarns and Skarn Deposits of Turkey. ss 283-336. Pirajno, F., Ünlü, T., Dönmez, C., Şahin, M.B., ed. 2019. *Mineral Resources of Turkey*, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland, 749s.
- [111] Kuşçu, İ., Tosdal, R.M., Gençalioğlu-Kuşçu, G., 2019. Porphyry-Cu Deposits of Turkey. ss 337-425. Pirajno, F., Ünlü, T., Dönmez, C., Şahin, M.B., ed. 2019. *Mineral Resources of Turkey*, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland, 749s.
- [112] Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B., Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. *Tectonophysics*, Cilt.40, s.183-189.
- [113] Adamia, S.A., Chkhotua, T., Kekelia, M., Lordkipanidze, M.B., Shavishvili, I., Zakariadze, G., 1981. Tectonics of the Caucasus and adjoining regions—implications for the evolution of the Tethys Ocean. *J. Struct. Geol.*, Cilt.3 (4), s.437-447.
- [114] Dilek, Y., Imamverdiyev, N., Altunkaynak, Ş., 2010. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *Int. Geol. Rev.*, Cilt.52 (4-6), s.536-578.
- [115] Rice, S.P., Roberson, A.H.F., Ustaömer, T., İnan, T., Tash, K., 2009. Late Cretaceous-Early Eocene tectonic development of the Tethyan Suture Zone in the Erzincan area, eastern Pontides, Turkey. *Geol. Mag.*, Cilt. 146 (4), s.567-590.
- [116] Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., 1996. Paleotethyan tectonic evolution of the North Tethyan margin in the central Pontides, N Turkey. *Erlor, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S., ed., International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Proceedings-I*, s. 24-33.
- [117] Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F., Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Cilt.84, s.3137-3180.
- [118] Eyuboglu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B., Şen, C., 2010. Geochemistry and geochronology of a reversely-zoned, Alaskan-type ultramafic-mafic complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. *Santosh, M., Maruyama, S. ed., A tribute to Akiho Miyashiro. Gondwana Res.*, Cilt. 18, s. 230-252.
- [119] Eyuboglu, Y., Bektaş, O., Pul, D., 2007. Mid-Cretaceous olistostromal ophiolitic melange developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey). *Int. Geol. Rev.*, Cilt. 49 (12), s.1103-1126.
- [120] Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O., Kwon, S., 2012. Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt and revised geodynamic model for the late Cenozoic Evolution of eastern Mediterranean region. *Lithos*, Cilt.146-147, s.218-232.
- [121] Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Keewook, Y., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Akaryali, E., Duda, F.O., Bektaş, O. 2014. The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis. *Ore Geology Reviews*, Cilt.59, s. 29-54.
- [122] Yılmaz, Y., Tüysüz O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides. ss 183-226. *Robinson, A.G., ed. 1997. Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Special Volumes* Volume AAPG Memoir 68.
- [123] Bektaş, O., Yılmaz, C., Tash, K., Akdağ, K., Özgür, S., 1995. Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, Cilt.57 (1-2), 233-244.
- [124] Eyuboglu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R., Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Geol. Carpath.*, Cilt. 57 (5), s.337-346.
- [125] Akbulut, M., González-Jiménez, J.M., Griffin, W.L., Belousova, E., O'Reilly, S.Y., McGowan, N., Pearson, N.J. 2016. Tracing ancient events in the lithospheric mantle: A case study from ophiolitic chromitites of SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, Cilt. 119, 1-19.
- [126] Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. ss 475-515. *Durand, B., Jolivet, L.,*

- Horváth, F., Séranne, M. ed. 1999. The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society, London, Special Publications, 156.
- [127]Maucher, A., Schultze-Westrum, H. ve Zankl, H., 1962, Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge: Bayerische Akad. Wiss., Mathematik-Naturw., Cilt. 109, 97s.
- [128]Akin, H., 1979, Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im Ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik: Geol. Rundschau, Cilt.68, s.253-283.
- [129]Zerener, M. 2005. Doğu Karadeniz Bölgesi Metalojenik Kuşağında bulunan Murgul Masif Sülfid Yatağının Hidrotermal Çözeltileri ve Gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 43 s, Isparta.
- [130]Özgür, N. 1993. Volcanogenic massive sulfide deposits in the East Pontic Metallotect, NE Turkey, Resource Geology Special Issue, Cilt.17, s180-185.
- [131]Engin, T., Er, M., Yüce, N., Buadze, V., Bakhadze, Y. 2002. Metallogenic Studies of the Northeastern Black Sea Region of Turkey (east of Trabzon) and Southwestern Georgia. ss 228-241. Yılmaz, A., Adamia, S., Engin, T., Lazarashvili, T., ed. 2002. Geological Studies of the Area Along the Turkish-Georgian Border. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) and State Department of Geology-Georgia (SDG) & Geological Institute of the Academia of Sciences-Georgia (GIN), Türkiye, 434s.
- [132]Köprübaşı, N., Çiftçi, E., Cordan, S., Köprübaşı, N., Özkul, C., Şişman Tükel, F. 2014. Comparative geochemical study of soils developed on characteristic black and yellow polymetallic massive sulfide deposits in Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, Cilt.23, 129-146.
- [133]Çiftçi, E., Yalçınalp, B., Kolaylı H., Hagni, R.D. 2001. Textural, mineralogical and paragenetic charactersitics of Murgul Deposit (Artvin-NE Turkey) - An example to the Kuroko-type volcanogenic massive sulfide deposits. Geosound Yerbilimleri, Cilt.38, s. 11-25.
- [134]Gümüş, A. 1964. Genesis of Some Cupreous Pyrite Deposits of Turkey. CENTO Symposium on Mining Geology and the Base Metals, September 14-28, Ankara, 147-154.
- [135]Tugal, H. T. 1969. The pyretic sulphide deposits of the lahanos mine area, eastern black sea region, Turkey, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/9628/>. 182 s., Durham, UK.
- [136]Çiftçi, E., Hagni, R. D. 2005. Mineralogy of the Lahanos Deposit a Kuroko-Type Volcanogenic Massive Sulfide Deposit from the Eastern Pontides (Giresun-NE Turkey), Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt. 48 (1), s. 55-64.
- [137]Willgallis, A., Özgür, N., Siegmann, E. 1989. Microprobe study of Se-and Te-containing complex sulphide ore of the copper deposit Murgul, NE-Turkey. Eur. J. Mineral, Cilt. 2, s.145-148.
- [138]Zaykov, V., Novoselov, K., Kotlyarov, V. 2006. Native gold and tellurides in the Murgul and Çayeli volcanogenic Cu deposits (Turkey). International Geoscience Programme Project 486 [IGCP-486] Gold-Silver-Telluride-Selenide (Au-Ag-Te-Se) Deposits (2004-2008) Proceedings of the 2006 Field Workshop, 24-29 September, İzmir, 167-172.
- [139]Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V.V., Ünlü, T., Delibaş, O., Hamzaçebi, S., 2013. Doğu Karadeniz bölgesi (KD Türkiye) volkanojenik massif sülfid yatakları cevher fasiyeslerine ait bazı özgün bulgular, Maden tetkik ve Arama Dergisi, Cilt.147, s. 73-90.
- [140]Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Käselitz, L., Hansen, R.-D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Märten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S., Blum, N., 1989. Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa Trough back-arc basin. Nature, Cilt. 338, s. 496-499.
- [141]Taylor, C.D., Sutley, S.J., Lichte, F.E. Mineralogical, Textural, and Metal Residence Studies of Primary, Recrystallized, and Remobilized Ores of the Greens Creek Deposit. Taylor, C.D. and Johnson, C.A. ed. 2010. Geology, Geochemistry, and Genesis of the Greens Creek Massive Sulfide Deposit, Admiralty Island, Southeastern Alaska, USGS Professional Paper 1763, 429s.